

Схема контроля утечки тока в сети постоянного тока состоит из трех генераторов синусоидального напряжения, трехфазного выпрямителя с подключенной к нему нагрузкой и защищается цепью питания якоря.

Контроль за утечкой тока осуществляется схемой, состоящей из генератора непромышленной частоты (ГНЧ) $f = 10$ кГц, подключенного к фазам контролируемой сети, делителя напряжения, присоединенного к двум полюсам выпрямителя, далее сигнал проходит через активный полосовой фильтр, где выделяется сигнал на частоте наложенного напряжения.

Выходной сигнал фильтра выпрямляется пиковым детектором, состоящим из диода и конденсатора и сравнивается с помощью компаратора с заданным допустимым уровнем утечки.

При превышении уровня сигнала утечки происходит срабатывание компаратора. Индикация утечки выполняется с помощью светодиодного индикатора, подключенного к выходу компаратора. Моделирование утечек тока осуществляется с помощью резисторов, присоединяемых к одной из фаз сети постоянного тока $R_{ym} = 100$ кОм, $R_{ym} = 1$ кОм.

На рисунке 2а представлена осциллограмма выделенного сигнала утечки после прохождения активного

фильтра и пикового детектора при $R_{ym} = 100$ кОм, из которой видно, что напряжение снимаемого сигнала с пикового детектора мало $U = 3$ В, этого уровня достаточно для начала снижения сопротивления изоляции. На рисунке 2б показана осциллограмма выделенного сигнала при $R_{ym} = 1$ кОм, в этом случае амплитуда сигнала возрастает до $U = 13$ В.

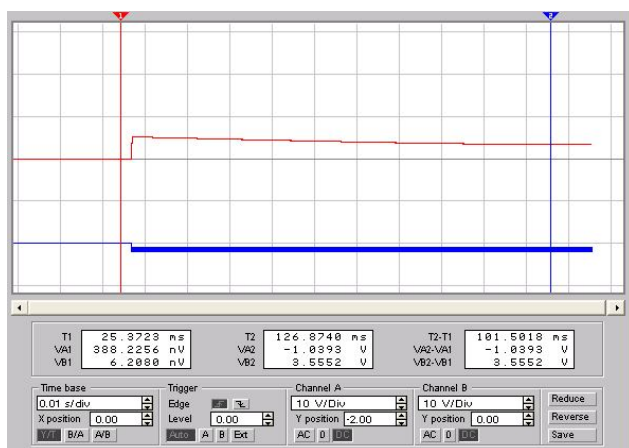
Предложенные технические решения обладают следующими особенностями.

1. В схеме контроля используется ГНЧ на частоту $f = 10$ кГц, что приводит к увеличению ее быстродействия.

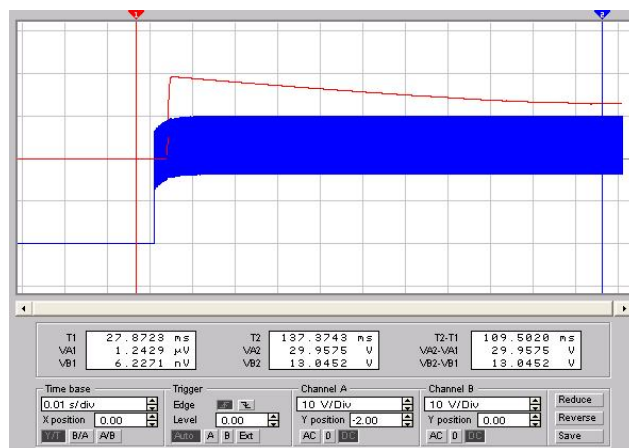
2. Измерение напряжения в цепях утечки осуществляется относительно земли, что упрощает обработку сигналов утечки тока, содержащих оперативное напряжение непромышленной частоты, которое затем детектируется.

3. Надежность схемы контроля.

В процессе проведения имитационных экспериментов установлено, что собственное время срабатывания при превышении током утечки допустимого значения не превышает 0.01с, а схема обладает высокой помехоустойчивостью. Известно, что собственное время срабатывания выпускаемых аппаратов утечки достигает 0.1с.



а) при утечке $R_y = 100$ кОм



б) при утечке $R_y = 1$ кОм

Рисунок 2 – Осциллограмма выпрямленного сигнала утечки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цапенко Е.Ф., Мирский М.И., Сухарев О.В. Горная электротехника /Под ред. Цапенко Е.Ф.: учебник для техникумов. М.: Недра, 1986. 431 с.
2. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение: научное издание /В.И. Карлашук. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Солон – Р, 2001.

УДК 621.9-529
СКИХИМБАЕВ М.Р.

Автоматическое управление точностью обработки отверстий

Применение системы автоматического управления позволяет управлять точностью формы поперечного сечения отверстия, то есть параметром, для управления которым у серийно изготавливаемых станков нет иных средств, кроме геометрической точности станка, обеспечиваемой в процессе изготовле-

ния металлорежущих станков. Система предназначена для обработки растачиванием однолезвийным инструментом на металлообрабатывающих станках, например на станках с ЧПУ мод. 16K20T1-01 (токарной группы). Назначением данной системы является повышение технологических возможностей оборудова-

ния по обеспечению точности обработки в сравнении с точностью, регламентированной стандартами для данного вида оборудования.

Необходимо отметить, что даже при очень высокой геометрической точности современного оборудования для достижения высокой точности формы и расположения растачиваемых отверстий требуется высокая точность предварительно обработанных отверстий. Это условие является следствием наличия в технологической системе доминирующей колебательной системы – борштанги, являющейся звеном с малой жесткостью. Увеличению жесткости этого звена препятствуют объективные причины со стороны габаритов обрабатываемых отверстий. За счет существенного снижения отклонения от круглости, а также уменьшения отклонения расположения можно расширить область применения растачивания на случаи, когда по эксплуатационным соображениям этот метод обработки допускается как окончательный.

Кроме того, применение системы также оправдано снижением трудоемкости обработки, поскольку уменьшение коэффициента уточнения k_y позволяет, при прочих равных условиях, уменьшить количество рабочих ходов и добиться соответствия требованиям к точности обработки, автоматическое управление ведет к общему повышению эффективности использования оборудования рассматриваемого типа [1,2]. Повышение эффективности использования оборудования обусловлено, в частности, возможностью расширения номенклатуры инструментов в магазине станка для оперативного применения. Величина коэффициента уточнения k_y зависит от целого ряда факторов, основными из которых являются: жесткость технологической системы, режим резания, механические свойства материала. Эти факторы, имеющие значительные диапазоны изменения, приводят к тому, что коэффициент уменьшения погрешностей изменяется в широких пределах. Так, при полуставном растачивании отверстий на станке с ЧПУ мод. 16K20T1-01 коэффициент k_y колеблется от 0,08 до 0,01. В связи с этим решение задачи о числе и условиях выполнения переходов становится многовариантным.

Для использования системы автоматического управления с целью стабилизации формообразующей вершины резца (система) необходимо осуществить предварительную ее регулировку (настройку инструмента на выполняемый размер). При регулировке системы в статике необходимо проверить баланс мостовой схемы датчика положения инструмента и баланс мостовой схемы датчика положения управляемой платформы относительно неподвижной части устройства. Процесс настройки заканчивается при достижении времени регулирования $t_{рег} = 0,0012$ с.

Вместо статистических характеристик точности отдельных переходов обработки используются расчетные величины допусков T_i и, соответственно, вместо фактических коэффициентов уменьшения погрешностей используют их расчетные значения. В качестве расчетных характеристик точности отдельных переходов принимают допуски T_i , соответствующие достигаемой точности при данном методе обработки. После выбора маршрута обработки из множе-

ства вариантов выбираются условия выполнения отдельных переходов по различным критериям. Так, на черновых переходах критерием для назначения условий обработки является максимальная производительность обработки, а для окончательной обработки – точность обрабатываемой детали.

При растачивании отверстий на станках с ЧПУ основными ограничениями являются: устойчивость процесса резания, величина микронеровностей обрабатываемой поверхности и заданный период стойкости инструмента. Обеспечение устойчивости процесса резания является важным условием нормального функционирования технологической системы.

Исследования параметров технологической системы при растачивании отверстий показали, что звеном наименьшей жесткости является расточная оправка (борштанга) и при оценке устойчивости технологической системы можно производить оценку устойчивости, рассматривая только движение расточной оправки [3]:

$$\frac{K_p \cdot M \cdot S \cdot t}{\eta^2 \cdot S \cdot \sin \varphi + C \cdot \eta \cdot \sin \varphi + \eta \cdot M \cdot V} \leq 1, \quad (1)$$

где K_p – сила резания, приходящаяся на единицу площади срезаемого слоя;
 S, V, t – режимы резания;
 η, C – коэффициенты демпфирования и жесткости;
 M – масса упругой системы;
 φ – главный угол в плане резца.

Указанные ограничения относятся к обработке растачиванием без применения системы, а при ее использовании устойчивость технологической системы повышается. Это достигается вследствие того, что при растачивании частота колебаний возмущающей силы, обусловленная погрешностями заготовки, ниже полосы пропускания частот устройства, при которых эффективно отрабатывается управляющее воздействие.

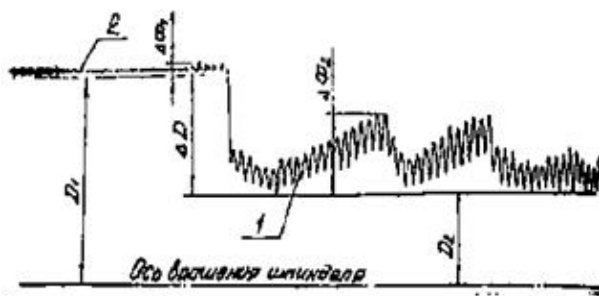
Для объективной оценки точностных характеристик процесса растачивания использовались методы математической статистики. Поскольку обеспечение идентичных погрешностей формы в поперечном сечении отверстий в партии деталей затруднительно, исследовалась лишь погрешность расположения деталей, обработанных без системы управления и с ее применением.

Производилась обработка партии заготовок (растачивание) с общим количеством отверстий 60 штук, при этом режимы обработки были следующие: скорость резания $V = 1,64$ м/с, подача $S = 0,12$ мм/об, глубина резания $t = 0,4$ мм. Начальное позиционное отклонение отверстия задавалось равным 0,1 мм с целью выявления степени эффективности повышения точности обработки с использованием данной системы.

За один рабочий ход инструмента часть отверстия растачивалась с включенной системой, затем система автоматического управления выключалась и обрабатывалась оставшаяся часть отверстия. Колебания формообразующей вершины резца показаны на рисунке.

Анализ полученных результатов (см. таблицу) показывает, что математическое ожидание отклонения

расположения при обработке с системой уменьшается с 0,024 мм до 0,007мм, т.е. в 3,4 раза, среднее квадратическое отклонение – с 0,137005мм до 0,004776 мм, т.е. в 2,87 раза.



1 – с отключенной системой; 2 – с включенной системой

Траектория движения вершины резца за один рабочий ход заготовки

Следует отметить, что начальная задаваемая погрешность в 0,1 мм вообще является достаточно большой. Управляемые перемещения, обусловленные характеристиками пьезодвигателя, находятся в преде-

лах 0-30 мкм, поэтому на предшествующем переходе необходимо обеспечивать позиционное отклонение оси отверстия не более 0,05 мм.

Результаты статистических исследований отклонений расположения отверстий

Параметр	Обработка без системы	Обработка с системой
Математическое ожидание	0,024 мм	0,007 мм
X_{min}	0,01 мм	0,01 мм
X_{max}	0,044 мм	0,021 мм
Размах	0,043 мм	0,020 мм
Дисперсия	0,000188мм	0,000029 мм
Среднее квадратическое отклонение	0,013705 мм	0,004776мм

При работе с системой наибольшее отклонение равно 0,021 мм (95 обработанных отверстий из 100 (95%) имеют отклонение в пределах 0,01-0,014 мм). Результаты по точности расположения поверхности без использования системы автоматического управления значительно хуже (55 обработанных отверстий (55%) имеют отклонение 0,030мм-0,044мм).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корсаков В.С. Точность механической обработки. М.: Изд-во «Машгиз», 1961. 379 с.
2. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. М.: Машиностроение, 1977. 304 с.
3. Попов В.И., Локтев В.И. Динамика станков. Киев.: Техника, 1989. 388 с.